

ABSTRAK

Biogas merupakan energi terbarukan yang dapat digunakan sebagai bahan bakar generator set, namun kandungan CO₂ yang tinggi menyebabkan performa pembakaran kurang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh *preheating* biogas menggunakan panas gas buang mesin melalui *heat exchanger* berbahan aluminium dan stainless steel 304 terhadap performa generator set. Variabel yang diuji meliputi kandungan metana (50%, 60%, dan 70%) serta beban (0 W, 450 W, dan 900 W). Parameter yang diamati adalah RPM, efisiensi generator, dan temperatur biogas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan *preheating* mampu meningkatkan temperatur biogas, efisiensi generator, dan kestabilan RPM dibandingkan tanpa *preheating*. *Heat exchanger* aluminium memberikan performa terbaik karena memiliki konduktivitas termal yang lebih tinggi sehingga perpindahan panas lebih efektif. Selain itu, peningkatan beban menyebabkan efisiensi generator meningkat, sedangkan RPM cenderung menurun. Penelitian ini membuktikan bahwa pemanfaatan panas gas buang sebagai sistem *preheating* efektif untuk meningkatkan performa generator set berbahan bakar biogas.

Kata kunci: biogas, *preheating*, *heat exchanger*, generator set, efisiensi generator.

ABSTRAK

Biogas is a renewable energy source that can be used as fuel for generator sets, but its high CO₂ content makes combustion performance less than optimal. This study aims to analyze the effect of preheating biogas using exhaust gas heat from the engine through aluminum and stainless steel 304 heat exchangers on generator set performance. The variables tested include methane content (50%, 60%, and 70%) and load (0 W, 450 W, and 900 W). The observed parameters were RPM, generator efficiency, and biogas temperature. The results showed that applying preheating was able to increase biogas temperature, generator efficiency, and RPM stability compared to no preheating. The aluminum heat exchanger performed best due to its higher thermal conductivity, which makes heat transfer more effective. Additionally, increasing the load caused generator efficiency to rise, while RPM tended to decrease. This study shows that using exhaust gas heat as a preheating system is effective for improving the performance of biogas-fueled generator sets.

Keywords: *biogas, preheating, heat exchanger, generator set, generator efficiency.*

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Disiplin Ilmu Pendukung	6
2.1.1 Motor Bakar	6
2.1.2 Termodinamika.....	6
2.1.3 Mesin Konversi Energi.....	7
2.1.4 Perpindahan Panas.....	7
2.2 Teori Dasar.....	7
3.2.1 Generator Set	7
3.2.2 Pembakaran	8
3.2.3 Motor Bakar 4 Langkah.....	11
2.2.4 Biogas.....	14

2.2.5 <i>Preheating</i>	16
2.2.6 <i>Heat Exchanger</i>	16
2.2.7 Performa Mesin	19
2.2.8 ANOVA	20
2.2.9 ANOVA dua arah.....	21
2.3 Penelitian Terdahulu	22
2.4 Posisi Penelitian.....	29
BAB III METODE PENELITIAN	30
3.1 Jenis Penelitian	30
3.2 Variabel penelitian	30
3.3 Tahapan Penelitian	31
3.4 Alat dan Bahan.....	33
3.4.1 Alat	33
3.4.2 Bahan.....	38
3.5 Prosedur Pengambilan Data.....	38
3.6 Metode Pengambilan Data.....	39
3.7 Waktu Penelitian	45
3.8 Lokasi Penelitian.....	46
BAB IV	47
HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Data Hasil Penelitian	47
4.1.1 Data Tanpa <i>Preheating</i>	47
4.1.2 Data Temperatur Biogas Menggunakan <i>Heat Exchanger</i>	49
4.1.3 Data Temperatur <i>Heat Exchanger</i>	50
4.1.4 Data RPM dengan <i>Preheating</i>	51
4.1.5 Data Efisiensi Generator dengan <i>Preheating</i>	52
4.2 Pengolahan Data	53

4.2.1 Rekapitulasi Nilai Rata-Rata	53
4.2.2 Pengolahan Statistik	54
4.3 Analisis dan Interpretasi Data	69
4.3.1 Analisis Pengaruh kandungan CH ₄	69
4.3.2 Analisis Pengaruh Beban dan Material <i>Heat Exchanger</i>	73
4.3.3 Analisis Pengaruh variabel bebas terhadap suhu.....	77
BAB V	85
KESIMPULAN DAN SARAN	85
5.1 Kesimpulan	85
5.2 Saran	86
DAFTAR PUSTAKA	87
LAMPIRAN	89

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Temperature Penyalaan Untuk Berbagai Unsur Kimia.....	9
Tabel 2. 2 Kandungan dari biogas	15
Tabel 3. 1 Variabel bebas	39
Tabel 3. 2 Tabel data tanpa preheating	40
Tabel 3. 3 Suhu biogas dengan heat exchanger	41
Tabel 3. 4 Suhu heat exchanger	42
Tabel 3. 5 Tabel efisiensi generator dengan preheating.....	43
Tabel 3. 6 Tabel RPM dengan preheating.....	44
Tabel 3. 7 Jadwal penelitian	45
Tabel 4. 1 Data tanpa Preheating	49
Tabel 4. 2 Data nilai suhu biogas.....	50
Tabel 4. 3 Data nilai suhu heat exchanger	51
Tabel 4. 4 Data nilai RPM dengan preheating.....	52
Tabel 4. 5 Data nilai efisiensi generator dengan preheating.....	53
Tabel 4. 6 Data dari semua rata-rata	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Segitiga Pembakaran	8
Gambar 2. 2 Pembakaran dalam.....	10
Gambar 2. 3 Pembakaran luar	10
Gambar 2. 4 siklus motor bakar 4 langkah.....	11
Gambar 2. 5 Isapan.....	12
Gambar 2. 6 Kompresi	12
Gambar 2. 7 Pembakaran.....	13
Gambar 2. 8 Gas buang	13
Gambar 2. 9 Diagram P-V dari siklus otto	14
Gambar 2. 10 Diagram T-s dari siklus otto.....	14
Gambar 2. 11 Instalansi biogas.....	15
Gambar 3.1 Flowchart penelitian	32
Gambar 3. 2 Generator set.....	33
Gambar 3. 3 Spesifikasi generator set	33
Gambar 3. 4 Konverter kit.....	34
Gambar 3. 5 Clammeter.....	34
Gambar 3. 6 Bag biogas	35
Gambar 3. 7 Stopwatch	35
Gambar 3.8 kunci pas	35
Gambar 3. 9 Bor	36
Gambar 3. 10 Sambungan dan kunci shok	36
Gambar 3.11 Flowmeter	37
Gambar 3.12 Tachometer.....	37
Gambar 3. 13 thermocouple	37
Gambar 3. 14 Heat exchanger alumunium	38
Gambar 3. 15 Skema pengujian.....	38
Gambar 4. 1 Normality test	55
Gambar 4. 2 Uji homogenitas efisiensi generator dengan CH ₄ tanpa preheating.....	56
Gambar 4. 3 Uji homogenitas efisiensi generator dengan beban tanpa preheating.....	56
Gambar 4. 4 Uji homogenitas efisiensi generator dengan CH ₄ dan beban tanpa preheating	57
Gambar 4. 5 Uji homogenitas RPM dengan CH ₄ tanpa preheating.....	58
Gambar 4. 6 Uji homogenitas RPM dengan beban tanpa preheating.....	58

Gambar 4. 7 Analisis of varians efisiensi generator	59
Gambar 4. 8 Analisis of varians RPM	59
Gambar 4. 9 Uji Homogenitas efisiensi generator vs CH ₄ dengan heat exchanger Stainless Steel 304.....	60
Gambar 4. 10 Uji Homogenitas efisiensi generator vs beban dengan heat exchanger Stainless Steel 304.....	61
Gambar 4. 11 Uji Homogenitas efisiensi generator vs CH ₄ & beban dengan heat exchanger Stainless Steel 304.....	61
Gambar 4. 12 Uji Homogenitas RPM vs CH ₄ dengan heat exchanger Stainless Steel 304	62
Gambar 4. 13 Uji Homogenitas RPM vs beban dengan heat exchanger Stainless Steel 304	62
Gambar 4. 14 analisis of varians efisiensi generator dengan heat exchanger stainless steel 304	63
Gambar 4. 15 analisis of varians RPM dengan heat exchanger stainless steel 304	64
Gambar 4. 16 Uji Homogenitas efisiensi generator vs CH ₄ dengan heat exchanger aluminium.....	64
Gambar 4. 17 Uji Homogenitas efisiensi generator vs beban dengan heat exchanger aluminium.....	65
Gambar 4. 18 Uji Homogenitas efisiensi generator vs CH ₄ & beban dengan heat exchanger aluminium.....	65
Gambar 4. 19 Uji Homogenitas RPM vs CH ₄ dengan heat exchanger aluminium	66
Gambar 4. 20 Uji Homogenitas RPM vs beban dengan heat exchanger aluminium	66
Gambar 4. 21 Analisis of varians efisiensi generator dengan heat exchanger aluminium .	67
Gambar 4. 22 Analisis of varians RPM dengan heat exchanger aluminium	68
Gambar 4. 23 Interaction Plot test	68
Gambar 4. 24 Grafik RPM dari pengaruh beban dan kandungan metana NO HE.....	69
Gambar 4. 25 Grafik efisiensi pengaruh beban dan kandungan metana NO HE	70
Gambar 4. 26 Grafik RPM dari pengaruh beban dan kandungan metana HE SS	71
Gambar 4. 27 Grafik efisiensi generator dari pengaruh beban dan kandungan metana HE SS.....	71
Gambar 4. 28 Grafik RPM dari pengaruh beban dan kandungan metana HE AL	72
Gambar 4. 29 Grafik efisiensi generator dari pengaruh beban dan kandungan metana HE AL.....	72

Gambar 4. 30 Grafik efisiensi generator dari Pengaruh beban dan material HE pada 50%	73
Gambar 4. 31 Grafik RPM dari Pengaruh beban dan material HE pada 50%	74
Gambar 4. 32 Grafik efisiensi generator dari Pengaruh beban dan material HE pada 60%	
.....	75
Gambar 4. 33 Grafik RPM dari Pengaruh beban dan material HE pada 60%	75
Gambar 4. 34 Grafik efisiensi generator dari Pengaruh beban dan material HE pada 70%	
.....	76
Gambar 4. 35 Grafik RPM dari Pengaruh beban dan material HE pada 70%	77
Gambar 4. 36 Grafik suhu dari pengaruh pada kandungan 50% terhadap temperatur HE SS	
.....	78
Gambar 4. 37 Grafik suhu dari pengaruh pada kandungan 60% terhadap temperatur HE SS	
.....	79
Gambar 4. 38 Grafik suhu dari pengaruh pada kandungan 70% terhadap temperatur HE SS	
.....	79
Gambar 4. 39 Grafik suhu dari pengaruh pada kandungan 50% terhadap temperatur HE AL	
.....	80
Gambar 4. 40 Grafik suhu dari pengaruh pada kandungan 60% terhadap temperatur HE AL	
.....	81
Gambar 4. 41 Grafik suhu dari pengaruh pada kandungan 70% terhadap temperatur HE AL	
.....	81
Gambar 4. 42 Pengaruh beban pada kandungan 50% terhadap peningkatan temperatur biogas.....	82
Gambar 4. 43 Grafik pengaruh beban pada kandungan 60% terhadap peningkatan temperatur biogas	83
Gambar 4. 44 Pengaruh beban pada kandungan 70% terhadap peningkatan temperatur biogas.....	83